

KAJI EKSPERIMENTAL PRESTASI DAN EMISI GAS BUANG MOTOR BAKAR DIESEL MENGGUNAKAN VARIASI CAMPURAN BAHAN BAKAR BIODIESEL MINYAK JARAK (*JATROPHA CURCAS L*) DENGAN SOLAR

Adly Havendri

Laboratorium Konversi Energi - Jurusan Teknik Mesin- Fakultas Teknik -
Universitas Andalas, Kampus Limau Manis Padang - 25163
Telp. 0751-72586 Fax. 0751-72566
email : adlyhave@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

*Biodiesel adalah alternatif bahan bakar pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM) khususnya minyak diesel yang dibuat dari bahan dasar minyak nabati. Salah satu sumber minyak nabati yang sangat prospektif untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel adalah hasil dari proses pengolahan biji jarak pagar (*Jatropha curcas L*). Hal ini disebabkan karena minyak jarak pagar tidak termasuk dalam kategori minyak makan (*edible oil*) sehingga pemanfaatannya sebagai biodiesel tidak akan mengganggu penyediaan kebutuhan minyak makan nasional, kebutuhan industri oleokimia, dan ekspor CPO. Dalam prakteknya, biodiesel jarak pagar sering digunakan dengan cara membuat BBM campuran biodiesel jarak pagar dengan solar.*

Untuk mendapatkan komposisi campuran yang baik dari penggunaan bahan bakar campuran biodiesel jarak pagar dengan solar, perlu dilakukan penelitian tentang prestasi dan emisi gas buang dari motor diesel tersebut. Prestasi motor bakar diamati dengan mendapatkan parameter prestasi yang terdiri dari daya poros, tekanan efektif rata-rata, pemakaian bahan bakar, pemakaian bahan bakar spesifik, perbandingan bahan bakar udara, dan efisiensi volumetric, sedangkan dari gas buangan diukur kandungan CO₂, SO₂, NO_x, CO, dan HC. Di dalam penelitian ini dibuat beberapa variasi campuran bahan bakar biodiesel-solar yaitu B-10, B-20, B-30, B-40, B-50 dan B-60 pada putaran 1600 rpm dan 1800 rpm. Sebagai pembanding akan digunakan bahan bakar Solar murni.

Dari hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan bahwa campuran bahan bakar biodiesel jarak pagar dan solar dapat digunakan secara langsung pada motor bakar diesel, dan campuran yang direkomendasikan untuk digunakan adalah campuran biodiesel jarak pagar kecil dari 40% (B-0).

1. PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk yang disertai dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat berdampak pada makin meningkatnya kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri. Hal ini tentu saja menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar cair juga semakin meningkat. Menurut data *Automotive Diesel Oil*, konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia sejak tahun 1995 telah melebihi produksi dalam negeri. Diperkirakan dalam kurun waktu 10-15 tahun ke depan, cadangan minyak Indonesia akan habis. Perkiraan ini terbukti dengan seringnya terja dikelangkaan BBM di beberapa daerah di Indonesia.

Memasuki abad ke 21, dunia mulai mengalami krisis energi terutama energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Dimana cadangan bahan bakar yang masih tersisa di dalam bumi hampir tidak mampu mencukupi permintaan masyarakat akan energi yang terus meningkat dari hari ke hari. Cadangan bahan bakar fosil yang semakin berkurang tentu saja berakibat pada peningkatan harga bahan bakar tersebut. Apalagi bahan bakar fosil termasuk ke

dalam kelompok energi yang tak terbaharukan atau *unrenewable energy* yang berarti energi jenis ini dapat habis pada suatu waktu.

Penggunaan bahan bakar yang terus meningkat memberikan dampak negatif pada lingkungan yaitu tingginya tingkat pencemaran di udara akibat emisi hasil proses pembakaran bahan bakar fosil. Emisi berupa partikulat (debu, timah hitam) dan gas (CO, NO, SO, H₂S) dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan kerusakan pada lingkungan.

Berbagai cara telah dilakukan untuk menemukan teknologi baru penghasil energi berbahan bakar alternatif yang terbaharui (*renewable energy*) dan ramah lingkungan. Salah satu bentuk energi ini adalah biodiesel yang merupakan bahan bakar pengganti solar (*Diesel Oil*) pada mesin diesel. Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati yang diperoleh dari tanaman seperti minyak sawit, jarak pagar, minyak kelapa, kacang kedelai, bunga matahari dan biji-bijian. Namun mengingat minyak kelapa sawit dan minyak kelapa banyak dimanfaatkan sebagai minyak makan (*edible oil*) maka peluang pemanfaatan minyak jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel lebih besar. Hal ini

dikarenakan minyak jarak pagar tidak termasuk dalam kategori minyak makan (*edible oil*). Dengan demikian, pemanfaatan minyak jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel tidak akan mengganggu stok minyak makan nasional, kebutuhan industri oleokimia, dan ekspor CPO.

Biodiesel sangat ramah lingkungan karena gas buang hasil pembakarannya yang dilepaskan ke atmosfer akan diserap kembali oleh tumbuhan untuk keperluan proses fotosintesis. Biodiesel akan mengurangi emisi gas buang tanpa mengorbankan unjuk kerja dan efisiensi dari mesin.

Untuk mengetahui kelayakan penggunaan biodiesel berbahan dasar minyak dari biji jarak pagar (*Jatropha curcas L*), dilakukanlah pengujian pada sebuah mesin Diesel. Prestasi motor bakar diukur dengan instalasi pengukuran yang ada dan gas buang yang dihasilkan diukur dengan menggunakan alat Quintox Flue Gas Analyser. Gas yang diukur terdiri atas CO_2 , SO_2 , NO_x , CO , dan HC . Hasil pengukuran tersebut nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran yang didapatkan pada penggunaan 100% solar. Hal ini dilakukan untuk mengetahui campuran solar-biodiesel berapa yang layak untuk digunakan sebagai bahan bakar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Bakar Diesel

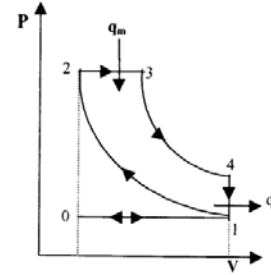
Mesin Diesel pertama dengan 1 silinder diciptakan oleh Rudolf Diesel (1858-1913), seorang ilmuwan Jerman. Dia mempertunjukkannya pada Pameran Dunia tahun 1893 dengan berbahan bakar minyak kacang. Kemudian diperbaiki dan disempurnakan oleh Charles F. Kettering (www.id.wikipedia.org, 2006).



Gambar 2.1 Mesin Diesel saat ini
(Wikipedia.org, 2006)

2.1.1 Siklus Ideal Motor Bakar Diesel

Pada motor bakar Diesel, pengidealan siklusnya sama dengan motor bakar bensin (siklus Otto). Hanya saja pada siklus Diesel pemasukan panas terjadi pada kondisi dimana tekanan konstan. Siklus Diesel dapat digambarkan dalam diagram P terhadap v seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Siklus Diesel

Sifat ideal yang dipergunakan untuk keterangan mengenai proses siklus Diesel adalah sebagai berikut:

- Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan.
- Langkah hisap (0-1) adalah proses tekanan konstan.
- Langkah kompresi (1-2) adalah proses isentropik.
- Pemasukan kalor (2-3) pada tekanan konstan.
- Langkah kerja (3-4) dianggap proses isentropik.
- Proses (4-1) dianggap sebagai pengeluaran kalor pada volume konstan.

2.2 Biodiesel

Dengan semakin menipisnya persediaan bahan bakar fosil, diperlukan bahan bakar pengganti yang bersifat terbarukan. Biodiesel merupakan sumber energi alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan dan tidak beraroma. Biodiesel dihasilkan dengan mereaksikan minyak tanaman dengan alkohol menggunakan zat basa sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga akan dihasilkan dua zat yang disebut *alkil ester* (*methyl* atau *ethyl ester*) dan *glycerin*. Proses reaksi diatas biasa disebut dengan proses "Transesterifikasi". *Methyl ester* yang didapat perlu dimurnikan untuk mendapatkan biodiesel yang bersih.

Bila dibandingkan dengan bahan bakar solar, biodiesel memiliki beberapa kelebihan yaitu:

- Secara umum, sifat biodiesel lebih ramah lingkungan dibanding bahan bakar berbasis minyak bumi. Bahkan biodiesel mampu mengurangi emisi tanpa mengorbankan unjuk kerja dan efisiensi mesin. Penggunaan 100% biodiesel akan: menurunkan emisi CO_2 sampai 100%, menurunkan emisi SO_2 sampai 100%, menurunkan emisi CO antara 10-50%, dan menurunkan emisi HC antara 10-50% oksida.
- Merupakan bahan bakar yang tidak beracun, aman dalam penyimpanan, aman dalam transportasi, dan dapat didegradasi secara alami yaitu lebih mudah terurai oleh mikroorganisme (*biodegradable*). Pencemaran akibat tumpahnya

biodiesel pada tanah dan air bisa teratasi secara alami.

- Biodiesel mampu mengeliminasi efek rumah kaca.
- Biodiesel memiliki bilangan asap (*smoke number*) rendah.
- Mempunyai nilai bilangan setana yang tinggi berkisar antara 57 sampai 62 sehingga efisiensi pembakarannya lebih baik.
- Menurunkan keausan ruang piston karena sifat pelumasan bahan bakar yang bagus (kemampuan untuk melumasi mesin dan sistem bahan bakar).
- Biodiesel dapat diperbaharui (*renewable*) karena diproduksi dari bahan pertanian. Biodiesel bisa diproduksi di pedesaan dalam bentuk skala kecil dan menengah. Sehingga dapat meningkatkan nilai produk pertanian Indonesia.
- Menurunkan ketergantungan suplai minyak dari negara asing dan fluktuasi harga.

Biodiesel dari minyak tanaman dapat langsung dipergunakan sebagai bahan bakar mesin ataupun dicampur terlebih dahulu dengan solar sebelum digunakan. Biodiesel murni (tanpa campuran solar) biasa dikenal dengan istilah B-100. Biodiesel jenis ini dapat digunakan pada mesin setelah mesin dimodifikasi. Sedangkan biodiesel yang dicampur solar dengan kadar tertentu dapat dipergunakan langsung tanpa harus memodifikasi mesin. Biodiesel campur biasa dikenal dengan istilah B-5, B-10, B-15, B-20, B-25, tergantung pada persentase biodiesel yang digunakan. Misalnya B-5, angka 5 dibelakang huruf B berarti 5% biodiesel ditambah 95% solar. Semakin tinggi persentase biodiesel terhadap solar maka keunggulan biodiesel terhadap mesin semakin meningkat.

Untuk membuat biodiesel diperlukan tiga komponen utama yaitu:

1. Minyak nabati

Minyak nabati biasa disebut dengan trigliserida atau gliserin ester atau asam lemak (*fatty acids*) karena bersifat asam. Minyak nabati memiliki berat jenis 0,94 pada 20°C. Minyak nabati berwarna kuning, tidak mempunyai bau, dan tidak mempunyai rasa. Minyak nabati yang telah digunakan untuk menggoreng akan menjadi lebih asam dan akan menghasilkan asam lemak bebas. Asam lemak bebas dapat menempel pada apapun yang bersifat basa. Ketika membuat biodiesel, asam lemak bebas harus dihilangkan. Untuk menghilangkannya digunakan lebih banyak katalis dimana jumlah katalis yang akan digunakan tergantung pada tingkat keasaman minyak nabati tersebut.

Salah satu jenis minyak nabati yang dapat digunakan untuk menghasilkan biodiesel adalah minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L*) yang dihasilkan dari proses pengolahan biji jarak

pagar. Biji jarak pagar rata-rata memiliki ukuran 18 x 11 x 9 mm, berat 0,62 gram, dan terdiri atas 58,1% biji inti berupa daging (*kernel*) dan 41,9% kulit. Bagian kulit mengandung 0,8% ekstrak eter. Kadar minyak (triglerisida) dalam inti biji ekuivalen dengan 55% atau 33% dari berat total biji. Asam lemak penyusun minyak jarak pagar terdiri atas 22,7% asam lemak jenuh dan 77,3% asam tak jenuh. Kadar asam lemak minyak terdiri dari 17% asam palmiat; 5,6% asam stearat, 37,1% asam oleat, dan 40,2% asam linoleat. (Hambali. dkk, 2006)

Penggunaan minyak jarak pagar sebagai bahan baku utama pembuatan biodiesel sangat menguntungkan, karena:

- Minyak jarak pagar tidak termasuk dalam kategori minyak makan (*edible oil*) sehingga pemanfaatannya sebagai biodiesel tidak akan mengganggu penyediaan kebutuhan minyak makan nasional, kebutuhan industri oleokimia, dan ekspor CPO. (Hambali. dkk, 2006)
- Tanaman jarak pagar mampu tumbuh dengan cepat dan kuat hingga ketinggian 3 sampai 5 m di lahan yang beriklim panas, tandus, dan berbatu karena mempunyai sistem perakaran yang mampu menahan air dan tanah sehingga mampu tahan terhadap kekeringan pada daerah dengan curah hujan rendah serta berfungsi sebagai tanaman pengendali erosi. (Manurung, 2005)
- Pengembangan komoditas jarak pagar paling sesuai untuk lahan marginal atau lahan kritis di Indonesia, diantaranya: Nangroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa, Bali, NTB, NTT, Sulawesi, dan Papua. (Hambali. dkk, 2006)
- Pada umumnya seluruh bagian tanamannya beracun sehingga tanaman ini hampir tidak memiliki hama dan tidak membutuhkan perawatan yang khusus. (Manurung, 2005)

III. METODOLOGI

3.1 Peralatan Pengujian

Perangkat pengujian yang akan digunakan adalah motor Diesel Chang Chai SX 175. Skema motor diesel dapat dilihat pada gambar 3. 1 di bawah ini dan spesifikasi dari motor tersebut dijelaskan pada lampiran.



Gambar 3.1 Motor Diesel Chang Chai SX 175

3.2 Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan dalam pengujian ini terdiri dari:

- Quintox Flue Gas Analyzer**
 Quintox Flue Gas Analyzer adalah alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gas buang yang dihasilkan oleh mesin. Alat ini menggunakan oksigen, saringan sulfur, dan saringan partikel untuk mendeteksi kandungan gas buang mesin. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi CO, CO₂, NO_x (NO dan NO₂), SO₂, O₂, dan HC. Gas analyzer dilengkapi dengan probe yang memiliki ujung yang runcing (depth stone cone) yang dapat dipakai dalam lubang-lubang yang berdiameter 8mm sampai 21mm. Hasil pengukuran yang didapatkan akan ditampilkan pada handset (remote monitor).



Gambar 3.2 Skema Quintox Flue Gas Analyzer

- Tachometer**
 Tachometer adalah alat ukur kecepatan putaran yang memiliki sensor berupa sinar infra merah. Pada pengujian ini, tachometer yang digunakan adalah tachometer digital.



Gambar 3.3 Tachometer Digital

3.3 Asumsi-Asumsi pada Pengujian

- Mesin diesel yang digunakan berfungsi secara optimal.
- Tidak ada fluktuasi pada putaran yang diujikan.
- Alat ukur yang digunakan telah terkalibrasi dan dapat melakukan pembacaan secara akurat.

3.4 Parameter Parameter yang Diukur

3.4.1 Parameter Prestasi

Parameter yang harus diperhatikan untuk menilai prestasi motor diesel pada berbagai kondisi operasi antara lain :

Daya poros efektif (N_e), Tekanan efektif rata-rata (P_e), Pemakaian bahan bakar (\dot{m}_f), Pemakaian bahan bakar spesifik (B_e), Perbandingan bahan bakar – udara (F/A), Laju aliran bahan bakar udara (\dot{m}_u), Efisiensi volumetrik (η_V) dan Efisiensi thermal (η_{th}).

3.4.2 Parameter Emisi Gas Buang

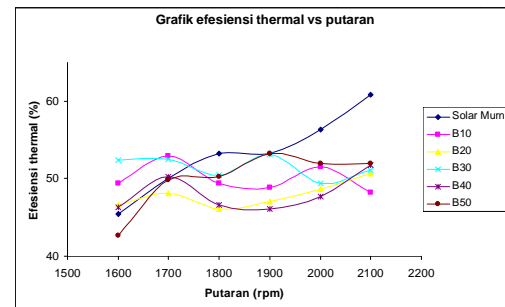
Parameter yang akan diukur dalam pengujian adalah konsentrasi gas buang yang terdiri dari CO₂, SO₂, NO_x, CO dan HC.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Prestasi

A. Efisiensi Thermal vs Putaran

Dengan memvariasikan campuran biodiesel minyak jarak dan solar pada B10, B20, B30, B40, B50 dan solar 100% sebagai pembandingan standar. Putaran digunakan naik konstan 100 rpm yang dimulai 1600 sampai 2100, kami mendapatkan beberapa hasil percobaan yang kami tuangkan dalam bentuk garapik perbandingan efesien thermal, daya poros, torsi dan konsumsi bahan bakar terhadap putaran mesin.

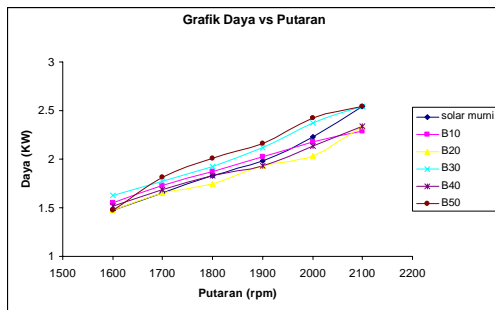


Efisiensi thermal akan cenderung meningkat sebanding tingginya putaran. Semakin tinggi putaran maka semakin banyak langkah kerja yang dibutuhkan pada waktu yang sama, hal ini dapat kita lihat pada pengujian bahan bakar solar 100%. Untuk putaran 1600 rpm efesien thermalnya 45,4 % sedangkan pada 2100 rpm efesien thermalnya 60,8 %. Pada campuran biodiesel dan solar juga terjadi hal yang sama, namun harga yang diperoleh berada dibawah solar 100%. Untuk B10, B20, B30, B40 pada putaran 1600 dan 1700 efesien thermalnya berada diatas solar 100%, Untuk putaran 1800, 1900, 2000, 2100 harga efesien thermalnya berada dibawah solar 100%. Pada gambar terlihat bahwa harga yang ditunjukkan tidak naik atau turun

secara linear meskipun putaran yang diberikan sama. Campuran B10 samapi B50 masih dapat digunakan tetapi untuk perawatan dan kerja mesin yang optimal disarankan menggunakan samapai B20 karena semakin besar campuran akan menambah viskositas bahan bakar sehingga proses pengabutan tidak sempurna.

B. Grafik Daya vs Putaran

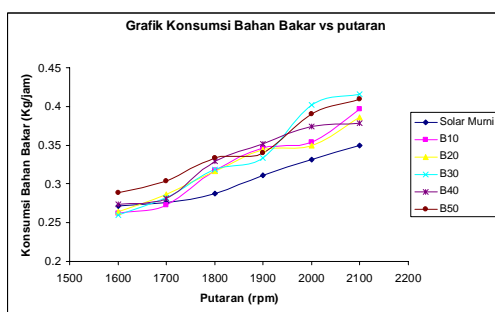
Secara teori semakin tinggi putaran maka daya yang di hasilkan juga meningkat, pada gambar terlihat bahwa daya tertinggi pada 2100 rpm dan terendah 1600 rpm pada setiap variasi campuran



Solar 100% menunjukkan daya maksimum 2,55 KW pada 2100 rpm dan daya minimum 1,47 KW pada 1600 rpm. Daya maksimum untuk B50 dan B30 sama dengan solar 100% pada putaran 2100 rpm, tetapi untuk putaran 1600 samapai 2000 rpm berada diatas solar 100%. Seharusnya semakin besar campuran maka daya yang dihasilkan akan turun karena campuran akan meningkatkan viskositas bahan bakar, dan juga menurunkan nilai kalor pada hasil pembakaran diruang bakar. Nilai kalor yang rendah akan menurunkan keluaran daya maksimum dan menaikkan konsumsi bahan bakar.

Dari grafik hasil pengujian dapat dilihat bahwa bahan bakar solar memiliki daya lebih tinggi dari pada campuran biodiesel. Daya solar yang lebih tinggi disebabkan karena nilai kalor solar yang lebih tinggi dari biodiesel. Biodiesel memiliki keunggulan pada komposisi kimianya, karena dalam biodiesel terdapat atom-atom oksigen, hal ini tidak terdapat pada solar .

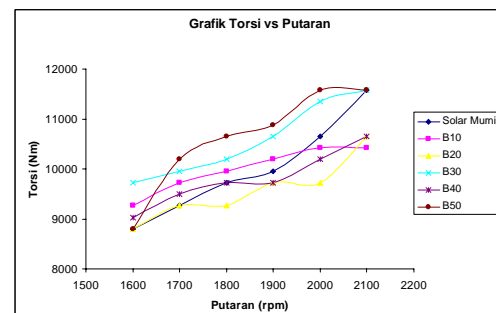
C. Konsumsi Bahan Bakar vs Putaran.



Konsumsi bahan bakar akan semakin meningkat dengan semakin besarnya putaran. Pada putaran 1600 rpm dibutuhkan bahan bakar rata-rata

0,270075 kg/jam dan untuk putaran 2100 rpm dibutuhkan bahan bakar rata-rata 0,39 kg/jam dari gambar juga terlihat bahwa semakin besar campuran maka kebutuhan bahan bakar juga semakin besar dimana untuk putaran yang konstan 2100 rpm pada solar 100% dibutuhkan 0,34968 kg/jam sedangkan pada B50 dibutuhkan 0,409659 kg/jam. Peningkatan konsumsi bahan bakar yang dipengaruhi besarnya campuran karena semakin besar campuran maka viskositasnya juga meningkat, hal ini akan menyebabkan penguapan diruang bakar akan rendah. Untuk kebutuhan produksi dan penghematan sangat dianjurkan memakai campuran B20 karena pada B20 untuk putaran 2100 rpm hanya membutuhkan 0,386084 kg/jam. Berati selisih antara solar 100% dengan B20 hanya 0,0364 kg/jam.

D. Torsi vs Putaran



Torsi didapatkan dari besarnya gaya gesek pengeraman terhadap putaran yang diberikan. Pada putaran 1600 didapatkan torsi minimum 8798,278 Nm nilai ini diperoleh dicampuran B20 sedangkan torsi maksimum 11576,68 Nm didapat pada solar 100%, B30 dan B50. seharusnya torsi pada solar 100% lebih besar dari biodiesel hal ini disebabkan solar 100% memiliki nilai kalor lebih tinggi dibandingkan campuran Biodiesel dan solar. Kesalahan diperoleh pada pengaturan putaran yang tidak menggunakan putaran maksimum dengan daya maksimum. Kondisi mesin yang tidak optimal lagi sehingga tidak memungkinkan pengujian pada daya maksimum. Putaran yang sama sudah pasti kita juga mendapatkan gaya gesek pengeraman yang sama atau mendekati sehingga selisih nilai torsi antara solar murni dan biodiesel terjadi penyimpangan.

4.2 Pengujian Emisi Gas Buang

4.2.1 Grafik konsentrasi CO₂ vs variasi bahan bakar

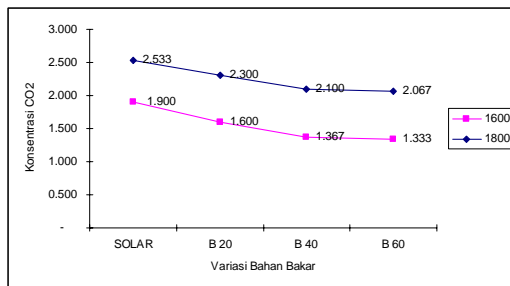
Secara teoritis penggunaan biodiesel sebagai campuran bahan bakar mesin akan mengurangi timbulnya emisi CO₂, bahkan penggunaan 100% biodiesel dapat mengurangi hingga 100%. Bahkan pada pengujian lapangan sebelumnya penggunaan 20% biodiesel dapat mengurangi emisi CO₂ hingga 21%. Penurunan nilai emisi CO₂ disebabkan karena unsur karbon dalam bahan bakar solar murni menjadi berkurang dengan semakin besarnya

penambahan biodiesel yang digunakan dalam campuran solar-biodiesel sebagai bahan bakar yang nantinya akan dimanfaatkan dalam pembakaran. Sedangkan jumlah udara yang dimanfaatkan untuk proses pembakaran bahan bakar masih tetap sama dibandingkan dengan penggunaan pada bahan bakar solar murni. Sehingga kemungkinan besar untuk terjadinya pembakaran lebih sempurna dapat terlaksana.

Penggunaan solar murni pada putaran 1600 rpm menghasilkan 1,9% emisi CO₂ sebagai hasil proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar. Nilai emisi CO₂ pada penggunaan solar murni 33% lebih banyak dari penggunaan rata-rata campuran solar-biodiesel B-20, B-40, dan B-60 yaitu 1,433% emisi CO₂. Pada penggunaan campuran solar-biodiesel B-20 pengurangan emisi CO₂ dapat mencapai 16%. Hal ini hampir mendekati seperti yang diharapkan dari literatur dimana penambahan biodiesel 20% dapat mengurangi emisi CO₂ hingga 21%.

Sedangkan pada putaran 1800 rpm penggunaan solar murni menghasilkan emisi CO₂ sebesar 2,533%. Jumlah ini hampir 18% lebih banyak dari penggunaan rata-rata campuran solar-biodiesel B-20, B-40, dan B-60 yaitu menghasilkan 2,156% emisi CO₂. Pada penggunaan campuran solar-biodiesel B-20 pengurangan emisi CO₂ dapat mencapai 9%. Hal ini masih jauh dari yang diharapkan literatur dimana penambahan biodiesel 20% dapat mengurangi emisi CO₂ hingga 21%.

Ditinjau dari standar emisi CO₂ teoritis, dapat dikatakan bahwa penggunaan biodiesel sebagai campuran di dalam bahan bakar masih layak dan aman untuk digunakan karena berada jauh di bawah emisi CO₂ maksimal teoritis yang diizinkan yaitu 15%.



Gambar 4.11 Grafik konsentrasi CO₂ vs variasi bahan bakar pada 1600 dan 1800 rpm

4.2.2 Grafik konsentrasi SO₂ vs variasi bahan bakar

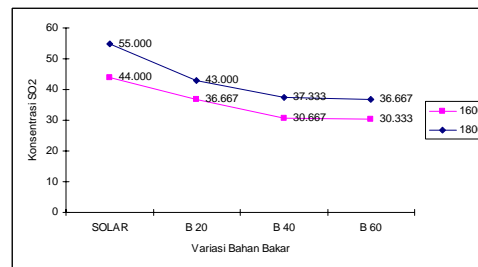
Secara teoritis penggunaan biodiesel sebagai campuran bahan bakar mesin akan mengurangi timbulnya emisi SO₂, bahkan penggunaan 100% biodiesel dapat mengurangi hingga 100%. Karena biodiesel yang berasal dari minyak tumbuhan hampir bebas kandungan sulfur sehingga dengan penambahan biodiesel ke dalam bahan bakar akan dapat mengurangi kandungan sulfur dalam bahan bakar itu sendiri akibatnya nilai emisi SO₂ dari hasil

pembakaran bahan bakar mesin akan berkurang juga.

Pada putaran 1600 rpm dapat dilihat nilai emisi SO₂ pada penggunaan solar murni diperoleh sebesar 44 ppm. Jumlah ini 35% lebih banyak dari nilai emisi rata-rata SO₂ pada B-20, B-40, dan B-60 sebesar 32,556 ppm.

Pada putaran 1800 rpm nilai emisi SO₂ pada penggunaan solar murni diperoleh sebesar 55 ppm. Jumlah ini 41% lebih banyak dari nilai emisi rata-rata SO₂ pada B-20, B-40, dan B-60 sebesar 39 ppm.

Penggunaan campuran solar-biodiesel sebagai bahan bakar masih layak dan aman untuk digunakan karena nilai emisi SO₂ campuran solar-biodiesel tersebut masih berada dibawah standar emisi SO₂ maksimal yang dibolehkan yaitu 46 ppm. Walaupun untuk penggunaan solar murni pada putaran 1800 rpm diperoleh nilai emisi SO₂ sebesar 55 ppm. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh kandungan sulfur yang terkandung di dalam solar. Karena saat memenuhi putaran 1800 rpm membutuhkan penginjeksian bahan bakar lebih akibatnya konsumsi bahan bakar menjadi lebih besar sehingga kandungan sulfur dalam bahan bakar mesin menjadi meningkat juga.



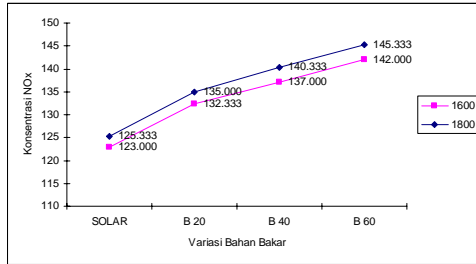
Gambar 4.12 Grafik konsentrasi SO₂ vs variasi bahan bakar pada 1600 dan 1800 rpm

Jika kita bandingkan antara solar murni dengan campuran solar-biodiesel, terlihat dari grafik bahwa konsentrasi NO_x yang dihasilkan pada saat menggunakan campuran solar-biodiesel cenderung bertambah naik seiring dengan bertambahnya biodiesel tersebut. Secara teori, penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar tidak akan mengurangi emisi NO_x pada gas buang mesin tapi justru menaikkan konsentrasinya. Hal ini terjadi dikarenakan biodiesel terbuat dari minyak tumbuhan yang banyak mengandung unsur nitrat. Semakin banyak penambahan biodiesel yang digunakan dalam campuran bahan bakar mesin maka kandungan unsur nitrat yang terkandung di dalam campuran bahan bakar menjadi meningkat.

Nilai emisi NO_x yang dihasilkan pada putaran 1600 rpm pada saat penggunaan solar murni sebesar 123 ppm sedangkan rata-rata penggunaan campuran solar-biodiesel pada B-20, B-40, dan B-60 menghasilkan 137,111 ppm emisi NO_x. Nilai emisi NO_x rata-rata pada B-20, B-40, dan B-60 meningkat sebesar 11,5% dari penggunaan solar murni.

Pada putaran 1800 rpm emisi NO_x yang dihasilkan pada saat penggunaan solar murni sebesar 125,333 ppm sedangkan rata-rata penggunaan campuran solar-biodiesel pada B-20, B-40, dan B-60 menghasilkan 140,222 ppm emisi NO_x. Nilai emisi NO_x rata-rata pada B-20, B-40, dan B-60 meningkat sebesar 11,9% dari penggunaan solar murni.

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan biodiesel yang digunakan dalam campuran bahan bakar maka nilai emisi NO_x yang dihasilkan akan semakin tinggi.



Gambar 4.13 Grafik konsentrasi NO_x vs variasi bahan bakar pada 1600 dan 1800 rpm

4.2.3 Grafik Konsentasi CO vs Variasi Bahan Bakar

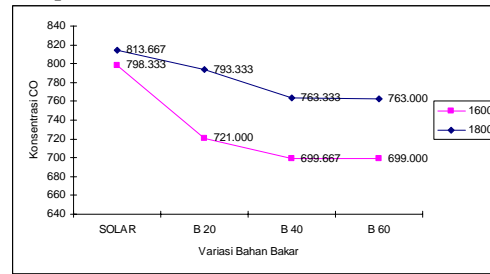
Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh para peneliti, penggunaan biodiesel sebagai campuran bahan bakar mesin akan menghasilkan lebih sedikit emisi CO dibandingkan pada penggunaan bahan bakar solar murni. Bahkan penggunaan biodiesel 100% dapat menurunkan emisi CO antara 10% sampai 50%. Hal ini dikarenakan jumlah karbon yang dimiliki bahan bakar yang berasal dari minyak solar menjadi berkurang dengan penambahan campuran biodiesel. Sedangkan jumlah udara yang dimanfaatkan dalam pembakaran masih tetap jumlahnya dibandingkan pada pembakaran pada solar murni. Sehingga area yang mengalami kekurangan oksigen dapat diminimalkan karena banyak kemungkinan bagi karbon untuk membentuk CO₂ secara sempurna.

Pada putaran 1600 rpm nilai emisi CO yang dihasilkan pada penggunaan solar murni didapatkan sebesar 798,333 ppm dan nilai emisi rata-rata CO pada B-20, B-40, dan B-60 adalah 706,556 ppm. Nilai emisi CO pada penggunaan solar murni 13% lebih banyak daripada nilai emisi rata-rata CO pada B-20, B-40, dan B-60.

Pada putaran 1800 rpm nilai emisi CO yang dihasilkan pada penggunaan solar murni didapatkan sebesar 813,667 ppm dan nilai emisi rata-rata CO pada B-20, B-40, dan B-60 adalah 773,222 ppm. Nilai emisi CO pada penggunaan solar murni 5% lebih banyak daripada nilai emisi rata-rata CO pada B-20, B-40, dan B-60.

Namun untuk campuran solar-biodiesel B-60 penurunan nilai emisi CO sangat kecil sekali dari campuran solar-biodiesel B-40, baik pada putaran 1600 rpm maupun putaran 1800 rpm. Pengurangan

emisi CO antara B-40 dengan yaitu sebesar 0,1% pada putaran 1600 rpm dan 0,04% pada putaran 1800 rpm.



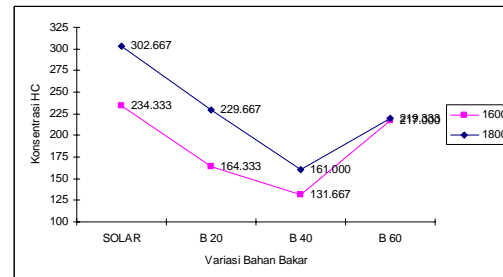
Gambar 4.14 Grafik konsentrasi CO vs variasi bahan bakar pada 1600 dan 1800 rpm

4.2.4 Grafik Konsentrasi HC vs Variasi Bahan Bakar

Pada putaran 1600 rpm penggunaan solar murni menghasilkan 234,333 ppm nilai emisi HC sedangkan nilai emisi HC rata-rata penggunaan campuran solar-biodiesel B-20, B-40, dan B-60 menghasilkan 171 ppm. Nilai emisi HC pada penggunaan solar murni 37% lebih banyak daripada nilai emisi rata-rata HC pada B-20, B-40, dan B-60.

Pada putaran 1800 rpm penggunaan solar murni menghasilkan 302,667 ppm nilai emisi HC sedangkan nilai emisi HC rata-rata penggunaan campuran solar-biodiesel B-20, B-40, dan B-60 menghasilkan 203,333 ppm. Jumlah nilai emisi HC pada penggunaan solar murni 48% lebih banyak daripada nilai emisi rata-rata HC pada B-20, B-40, dan B-60.

Ditinjau dari standar emisi yang digunakan, dapat dikatakan bahwa penggunaan biodiesel sebagai campuran di dalam bahan bakar masih layak dan aman untuk digunakan karena berada di bawah nilai emisi HC maksimal yang diizinkan yaitu 240 ppm. Walaupun untuk penggunaan solar murni pada putaran 1800 rpm diperoleh nilai emisi HC sebesar 302,667 ppm. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh unsur hidrogen dan karbon yang terkandung di dalam solar murni. Karena saat memenuhi putaran 1800 rpm membutuhkan penginjeksian bahan bakar lebih sehingga konsumsi bahan bakar menjadi lebih besar akibatnya masih banyak kandungan hidrogen dan karbon yang tidak terbakar sempurna.



Gambar 4.15 Grafik konsentrasi HC vs variasi bahan bakar pada 1600 dan 1800 rpm

Dari keseluruhan grafik diatas didapatkan bahwa, nilai emisi buang CO₂, SO₂, NO_x, CO dan HC solar murni pada putaran 1800 rpm lebih besar daripada pada putaran 1600 rpm. Begitu juga halnya pada campuran solar-biodiesel nilai emisi buang CO₂, SO₂, NO_x, CO dan HC baik untuk B-20, B-40, dan B-60 lebih besar pada putaran 1800 rpm daripada 1600 rpm. Hal ini sesuai dengan literatur dan pada beberapa pengujian di lapangan sebelumnya. Dikarenakan untuk putaran yang lebih tinggi membutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih besar sehingga nilai emisi yang ditimbulkannya juga meningkat.

V. KESIMPULAN

5. 1. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa terhadap hasil pengujian, maka dapat disimpulkan :

1. Secara umum tidak terdapat perubahan yang signifikan pada prestasi motor bakar diesel yang menggunakan campuran bahan bakar biodiesel minyak jarak dan solar jika dibandingkan dengan penggunaan solar murni.
2. Nilai emisi CO₂, SO₂ dan CO yang dihasilkan pada penggunaan campuran solar-biodiesel mengalami penurunan dibandingkan dengan solar murni, baik pada putaran 1600 rpm maupun pada putaran 1800 rpm. Setelah dibandingkan dengan standar emisi yang berlaku dapat dikatakan penggunaan biodiesel sebagai campuran bahan bakar masih aman dan layak.
3. Nilai emisi NO_x yang dihasilkan pada saat menggunakan campuran solar-biodiesel cenderung bertambah naik seiring dengan bertambahnya penambahan biodiesel tersebut. Secara umum, penggunaan biodiesel sebagai campuran di dalam bahan bakar menghasilkan konsentrasi NO_x yang melebihi standar emisi yang berlaku.
4. Dari hasil pengujian dapat diambil kesimpulan bahwa biodiesel minyak jarak layak dijadikan sebagai alternatif pengganti BBM

5. 2. Saran

Beberapa saran yang penulis ajukan untuk pengembangan lebih lanjut analisa emisi gas buang motor Diesel ini adalah:

1. Hendaknya proses pembuatan biodiesel dilakukan lebih memperhatikan prosedur pembuatan dan lebih hati-hati dalam penggunaan katalis basa serta pencampurannya.
2. Hendaknya mesin Diesel yang akan digunakan direkondisi terlebih dahulu agar bisa didapatkan kondisi mesin yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adly Havendri, Kaji Eksperimental Performansi Motor Bakar Diesel Menggunakan Bahan Bakar Campuran Biodiesel CPO Sawit dan Solar, Jurnal Teknik No. 28 Vol. 1 Thn. XIV, hal 7 - 12, November 2007
2. Adly Havendri, Kaji Eksperimental Emisi Gas Buangi Motor Bakar Diesel Menggunakan Bahan Bakar Campuran Biodiesel CPO Sawit dan Solar, Jurnal Teknik No. 28 Vol. 1 Thn. XIV, hal 1 - 6, November 2007
3. Trommelmans, J. 1993. Mesin Diesel, Prinsip-Prinsip Mesin Diesel Untuk Otomotif. PT. Rosda Jayaputra: Jakarta
4. De Bruijn, L.A dan L. Muilwijk. 1985. Motor Bakar. PT. Bhratara Karya Aksara: Jakarta
5. 5. Keison. 1996. KM9106 Operators Manual. Kane International Limited: United Kingdom
6. Fajar, Rizqon dan Taufik Suryantoro. Efek Komposisi Biodiesel Terhadap Parameter Kualitas Bahan Bakar dan Unjuk Kerja Mesin. Balai Termodinamika, Motor Dan Propulsi BPP Teknologi: Jakarta
7. Fajar, Rizqon. Prediksi Sifat Fisika Kimia Campuran Bahan Bakar Diesel dengan Model Sederhana. Balai Termodinamika, Motor dan Propulsi BPP Teknologi: Jakarta
8. H. Soeradjaja, Tatang. 2005. Dua Hal Utama dalam Pemanfaatan Bahan Bakar Alternatif dari Minyak Tumbuhan. LIPI: Jakarta

UCAPAN TERIMAKASIH :

Disampaikan kepada saudara Al Hidayat, Rizki Nika Kharisma dan Asisten Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin FTUA yang telah membantu melakukan penelitian ini.